

Электронный научный журнал «Век качества» ISSN 2500-1841 <https://www.agequal.ru>  
2025, №2 [https://www.agequal.ru/pdf/2025/AGE\\_QUALITY\\_2\\_2025.pdf](https://www.agequal.ru/pdf/2025/AGE_QUALITY_2_2025.pdf)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Мироносцев Г.К. Развитие альтернативных энергетических ресурсов: перспективы и эффективность // Электронный научный журнал «Век качества». 2025. №2. С. 274-300. Режим доступа: <https://www.agequal.ru/pdf/2025/225013.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 338

**Развитие альтернативных энергетических ресурсов:  
перспективы и эффективность**

***Мироносцев Григорий Константинович,***

*студент группы БСТ2106,*

*Московский технический университет связи и информатики,*

*111024, Россия, г. Москва, Авиамоторная ул., дом 8А*

*gmiroscevc@gmail.com*

***Научный руководитель:***

***Платунина Галина Петровна,***

*старший преподаватель кафедры*

*«Цифровая экономика, управление и бизнес-технологии»,*

*Московский технический университета связи и информатики,*

*111024, Россия, г. Москва, Авиамоторная ул., дом 8А*

*g.p.platunina@mtuci.ru*

В статье рассмотрены современные тенденции и перспективы развития альтернативных энергетических ресурсов в России. Проанализированы основные виды возобновляемых источников энергии, включая солнечную, ветровую, геотермальную и водородную энергетику. Особое внимание уделено экономической эффективности проектов в данной области, а также методам их оценки, таким как NPV (чистая приведенная стоимость), IRR (внутренняя норма доходности) и PP (период окупаемости).

Рассмотрены технологические принципы генерации энергии, государственные меры поддержки, налоговые льготы и субсидии, а также модели финансирования, включая проектное финансирование и выпуск «зеленых» облигаций. Статья также затрагивает проблемы децентрализации энергетических систем и использования цифровых технологий для повышения эффективности энергоснабжения. На основе анализа выявлены ключевые барьеры и возможности для инвестиций в сектор альтернативной энергетики в России, а также предложены рекомендации по повышению экономической эффективности проектов.

**Ключевые слова:** альтернативная энергетика, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, ветровая энергетика, водородная энергетика,

экономическая эффективность, цифровизация, проектное финансирование, зеленые облигации, децентрализация энергосистем, государственная поддержка.

## **Введение**

Современная экономика остро нуждается в поиске эффективных путей обеспечения устойчивого развития, безопасного для природы и ресурсоемких процессов. Одним из важнейших направлений решения этой задачи выступает освоение альтернативных энергетических ресурсов, которые постепенно заменяют традиционные невозобновляемые источники энергии.

Традиционная энергетика основана главным образом на нефти, природном газе и угле, запасы которых конечны, и которые оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду. Использование же альтернативных источников, таких как солнечная, ветровая, водная и биоэнергетика, даёт возможность решить сразу несколько проблем одновременно: уменьшить вредные выбросы парниковых газов, замедлить темпы истощения природных ресурсов и создать условия для стабильного экономического роста.

Альтернативные энергетические ресурсы имеют высокую значимость не только для крупных промышленных предприятий, но и для бытовых нужд населения. Именно поэтому изучение их перспектив и оценка экономической эффективности приобретают особую важность для современных исследователей и аналитиков. Цель настоящей статьи состоит в выявлении основных направлений развития альтернативных источников энергии, анализе текущего состояния и прогнозировании дальнейшего пути их эффективного использования в российских и международных реалиях.

Россия обладает огромными запасами традиционных топливно-энергетических ресурсов, однако в условиях современного мира возрастает потребность в переходе к использованию альтернативных источников энергии. Освоение возобновляемых источников энергии становится важным фактором

сохранения окружающей среды, укрепления энергетической независимости и обеспечения устойчивого социально-экономического развития страны.

В статье рассмотрены возможности и риски, связанные с развитием альтернативных энергетических ресурсов в России, а также сформулированы рекомендации по повышению эффективности их освоения и распространения.

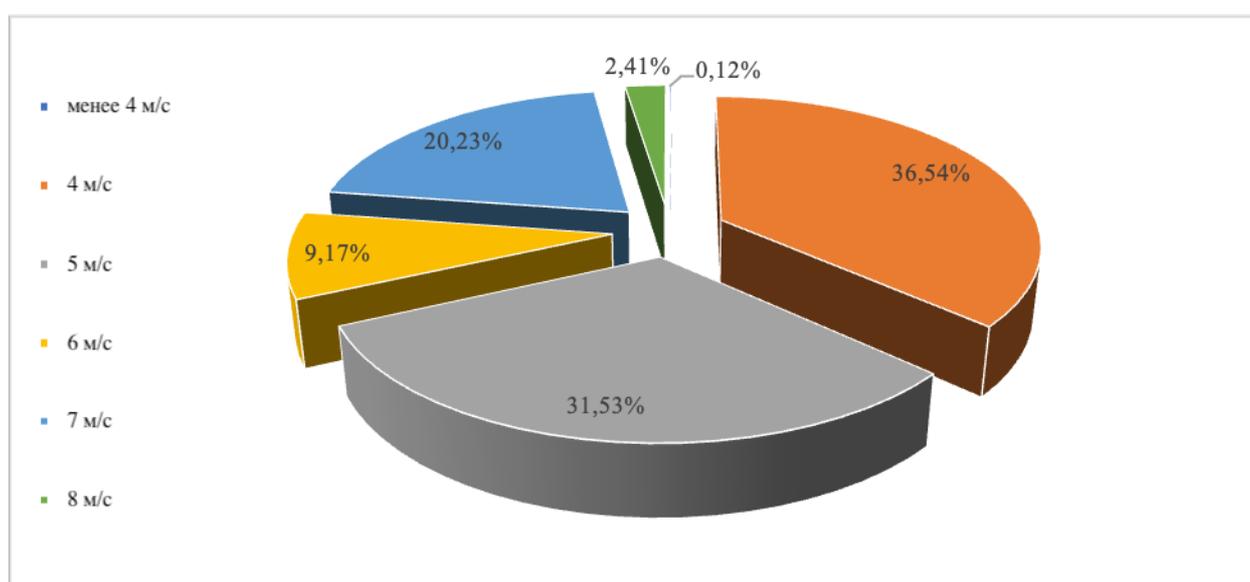
### **Современное состояние альтернативной энергетики в России**

Основными регионами, где активно развиваются проекты солнечной энергетики, являются юг России, Сибирь и Дальний Восток. Высокий уровень солнечной радиации в этих областях делает использование солнечных панелей особенно эффективным. Развитие солнечной энергетики не только способствует снижению зависимости от традиционных источников энергии, но и уменьшает выбросы углекислого газа, что является важным шагом на пути к устойчивому развитию. В этом контексте стоит отметить, что в мире реализованы крупные проекты плавучих солнечных электростанций. Например, в Китае была запущена плавучая СЭС мощностью 320 МВт, а в России в 2020 г. была введена в действие первая плавучая СЭС на Дальнем Востоке.

Ветровая энергетика в России сосредоточена преимущественно в южных регионах, где природные условия наиболее благоприятны для установки ветровых электростанций. Одним из крупнейших проектов является Адлерская ВЭС, демонстрирующая высокую эффективность благодаря современным технологиям. С 2018 г. в стране активно реализуются проекты по строительству ветропарков общей мощностью 3,35 ГВт, что подтверждает значительный интерес к этому направлению. С другой стороны, наибольшее развитие и популярность в России получило производство и экспорт пеллет для тепловой энергии на основе возобновляемых источников. По данным Минпромторга России, ежегодно в стране производится до 1 млн тонн пеллет, при этом их производство увеличивается на 10-15% каждый год [18].

Территории с преобладанием скорости ветра менее 4 м/с (0,12% территории

России) не рассматриваются при планировании ветроэнергетических проектов, так как ветроэнергетические установки (ВЭУ) начинают эффективно работать только при скорости ветра от 3 м/с и выше. Таким образом, подавляющее большинство территории России имеет потенциал для развития ветровой энергетики, что делает эту технологию перспективным направлением для создания децентрализованных энергосистем, особенно в удаленных регионах с высокими ветровыми показателями. Данные о распределении территории России по среднегодовой скорости ветра представлены на рис. 1.



*Источник: составлено автором*

Рис. 1. Диаграмма распределения территории России по среднегодовой скорости ветра

Геотермальная энергетика в России имеет значительный потенциал, особенно в регионах с активной вулканической деятельностью, таких как Камчатка и Курильские острова. В этих областях уже функционируют геотермальные электростанции с общей мощностью около 80 МВт. Использование геотермальной энергии позволяет обеспечить экологически чистое и стабильное энергоснабжение, что особенно важно для удалённых районов с ограниченным доступом к традиционным источникам энергии.

Водородная энергетика в России активно развивается, что подтверждается

утверждением стратегии развития данного направления в 2021 г. Развитие возобновляемых источников энергии в стране происходит с опозданием по сравнению с другими регионами мира, и в результате ВИЭ в России воспринимаются как новшество [1]. К 2035 г. Россия намерена экспортировать до 2 млн тонн водорода ежегодно, что станет значительным вкладом в мировой рынок возобновляемых источников энергии. Важное внимание уделяется созданию водородных кластеров и внедрению технологий производства зелёного водорода, что позволит стране укрепить свои позиции в этой перспективной области.

### **Экономическая эффективность проектов: методы оценки (NPV, IRR, PP)**

Экономическая эффективность является ключевым аспектом при принятии решений о реализации проектов в области альтернативной энергетики, поскольку она определяет целесообразность вложений в развитие технологий и позволяет оценить окупаемость и прибыльность. Этот параметр особенно актуален в условиях ограниченных ресурсов и высокой конкуренции за инвестиции. Для оценки экономической эффективности применяются различные методы, позволяющие анализировать перспективы проектов с учетом временной стоимости денег и доходности. Важно также учитывать риски на каждой стадии жизненного цикла инвестиционного проекта, что, по мнению Лапченко Д.А., способствует повышению качества инвестиционного анализа [10].

Согласно отчету Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA) 2021 г., метод NPV стал стандартом при оценке проектов в области возобновляемой энергетики, так как он позволяет учитывать долгосрочные перспективы и риски, связанные с инвестициями [2]. При оценке солнечных и ветровых электростанций этот подход помогает определить оптимальный размер инвестиций и сроки их возврата, что крайне важно для привлечения финансирования. Маричев С.Г. подчеркивает, что «альтернативная

энергетика – долгосрочный фундаментальный тренд, в определённой степени выходящий за скобки технологических укладов» [11]. Таким образом, применение метода NPV особенно актуально в контексте устойчивого развития и трансформации энергетических систем.

Метод внутренней нормы доходности (IRR) представляет собой инструмент для определения ставки дисконтирования, при которой проект становится безубыточным. Этот показатель полезен для сравнительного анализа различных инвестиционных проектов, так как позволяет определить их относительную привлекательность. Чем выше значение IRR, тем более выгодным считается проект. IRR активно используется международными финансовыми организациями, такими как Всемирный банк, для оценки проектов в развивающихся странах. В контексте альтернативной энергетики этот метод позволяет учитывать как текущие затраты, так и долгосрочные выгоды, связанные с эксплуатацией установок. Например, для ветровых электростанций, которые характеризуются высокими начальными затратами, IRR помогает определить, насколько быстро эти затраты могут быть компенсированы за счет выработки электроэнергии.

Проекты в области ветровой энергетики в России имеют более короткий срок окупаемости по сравнению с солнечной энергетикой. В среднем срок окупаемости солнечных электростанций составляет около 7 лет. Это связано с особенностями технологий и стоимостью оборудования, что делает метод PP важным инструментом для предварительного анализа и выбора наиболее перспективных направлений инвестиций. В 2022 г. средняя LCOE крупной солнечной электростанции достигла ~\$0,049/кВт·ч, что на 90% ниже уровня 2010 г. благодаря удешевлению модулей.

## **Глобальные и региональные тенденции в развитии возобновляемых источников энергии**

Снижение стоимости производства возобновляемой энергии является

ключевым фактором, способствующим её широкому внедрению. За последние десятилетия наблюдается значительное уменьшение затрат на электроэнергию, получаемую из возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечные панели и ветровые турбины. Согласно отчету IRENA, с 2010 по 2020 гг. стоимость электроэнергии, производимой солнечными панелями, снизилась на 85%. Это стало возможным благодаря технологическому прогрессу, увеличению объемов производства и совершенствованию методов установки и эксплуатации оборудования. Кроме того, важным аспектом будущего развития возобновляемой энергетики является океаническая энергия, для которой также ожидается снижение уровня затрат [4]. Таким образом, комплексный подход к инновациям и производственным процессам будет способствовать дальнейшему снижению цен на возобновляемую энергию, что в свою очередь откроет новые возможности для её использования и интеграции в энергетические системы.

Технологические инновации играют решающую роль в снижении стоимости производства энергии из возобновляемых источников. Совершенствование технологий производства солнечных панелей, в частности использование новых материалов и более эффективных методов проектирования, позволило значительно повысить их энергоэффективность. Ветровые турбины также стали более эффективными за счет увеличения размеров лопастей и использования цифровых систем управления, что позволяет оптимизировать производство энергии в зависимости от погодных условий. Эти достижения сделали возобновляемую энергию конкурентоспособной по сравнению с традиционными источниками.

Масштабирование производства играет ключевую роль в снижении стоимости возобновляемой энергии. Массовое производство солнечных панелей во многих странах значительно упростило доступ к этим технологиям на мировом рынке. Экономия на масштабе позволяет производителям снижать затраты на единицу продукции, что делает возобновляемую энергию более

доступной для потребителей. Это особенно важно для стран, стремящихся увеличить долю возобновляемой энергетики в своей энергетической структуре. В условиях растущих цен на углеводородное сырье экономическая целесообразность ВИЭ становится особенно актуальной [17].

Государственное регулирование и субсидии играют важную роль в снижении стоимости производства возобновляемой энергии. Введение налоговых льгот и субсидий в странах Европейского Союза, в частности в Германии, стимулировало активное развитие возобновляемой энергетики. Эти меры позволили не только снизить затраты на производство энергии, но и создать благоприятные условия для инвестиций в этот сектор. Подобные инициативы способствуют ускорению перехода к более устойчивым источникам энергии, что имеет большое значение для глобального энергетического перехода.

Цифровые технологии играют ключевую роль в трансформации энергетического сектора, способствуя повышению его эффективности и устойчивости. Введение таких технологий позволяет оптимизировать процессы генерации, распределения и потребления энергии, сокращать эксплуатационные расходы и минимизировать потери. Например, использование систем управления на основе искусственного интеллекта и анализа данных дает возможность прогнозировать спрос на электроэнергию, что особенно важно для энергосистем, включающих ВИЭ. Эти технологии помогают интегрировать ВИЭ в энергосистему, обеспечивая стабильность её работы.

Технологии Интернета вещей (IoT) находят широкое применение в управлении ВИЭ. Устройства IoT позволяют собирать данные в реальном времени с энергогенерирующих установок, таких как солнечные панели и ветровые турбины, что обеспечивает их эффективное управление. По данным Международного энергетического агентства, использование IoT в энергетике позволяет снизить эксплуатационные расходы на 20%. Кроме того, IoT-технологии способствуют улучшению мониторинга состояния оборудования, что

помогает предотвращать сбои и увеличивать срок службы установок.

Блокчейн-технологии открывают новые возможности для энергетического сектора, особенно в области распределённых систем энергоснабжения. Применение блокчейна позволяет обеспечивать прозрачность операций, например в торговле электроэнергией между производителями и потребителями. Согласно доступным источникам, в 2024 г. в Европе были реализованы многочисленные проекты с использованием блокчейн-технологий в энергетической сфере. Эти проекты направлены на повышение эффективности, снижение затрат и улучшение управления энергоресурсами [20, 21, 23-26]. Это свидетельствует о растущем интересе к этой технологии. Блокчейн также может быть использован для создания систем учёта энергии, произведённой из ВИЭ, что повышает доверие потребителей и способствует развитию сектора.

Цифровые двойники представляют собой виртуальные модели реальных энергетических систем, которые позволяют анализировать и прогнозировать их работу. Эти технологии находят применение в оптимизации работы энергосетей, снижении времени на устранение сбоев и повышении общей эффективности систем. Согласно исследованиям, использование цифровых двойников сокращает время на устранение сбоев на 30%. Это особенно важно для интеграции ВИЭ, где точность прогнозирования и оперативность принятия решений играют ключевую роль.

В России внедрение цифровых технологий в энергетическом секторе имеет значительный потенциал, но сталкивается с рядом вызовов. По данным Минэнерго, доля цифровых технологий в энергетике страны увеличилась на 15% за последние пять лет, что свидетельствует о прогрессе в этой области. При этом остаются проблемы, связанные с нехваткой квалифицированных кадров и необходимостью модернизации инфраструктуры.

Согласно отчету McKinsey, цифровизация может увеличить эффективность энергетических систем на 25%, что подчеркивает важность продолжения работы в этом направлении. Для сравнения, в других областях (например, на

транспорте) также наблюдается рост интереса к цифровым технологиям. Так, «анализируя поток пассажиров на станции «Технологический институт», мы можем установить, что за день там проходят до 250 000 человек» [9]. Это свидетельствует о том, что цифровизация может значительно улучшить не только энергетический сектор, но и другие сферы, где важна оптимизация процессов.

### **Государственные меры поддержки и финансирование альтернативной энергетики**

Налоговые льготы играют ключевую роль в стимулировании инвестиций в сектор возобновляемой энергетики, снижая финансовую нагрузку на компании и повышая их привлекательность для инвесторов. В России введение налоговых каникул для производителей возобновляемых источников энергии в 2020 г. позволило снизить налоговую нагрузку на 15%. Это создало благоприятные условия для новых участников рынка и способствовало увеличению числа проектов в области возобновляемой энергетики. Такие меры помогают компенсировать высокие капитальные затраты на начальных этапах реализации проектов и стимулируют развитие сектора в долгосрочной перспективе.

Субсидии играют значительную роль в государственной поддержке, направленной на развитие новых технологий в области возобновляемой энергетики, позволяя снизить первоначальные затраты на установку оборудования и внедрение инновационных решений. Например, в Сахалинской области в 2022 г. водородный кластер получил субсидии в размере 1,5 млрд руб., что способствовало ускорению создания необходимой инфраструктуры. Эти меры помогают преодолеть барьеры, связанные с высокими издержками на начальном этапе, и содействуют внедрению передовых технологий.

С другой стороны, как отмечает Маричев С.Г., ключевые отрасли нового технологического уклада, такие как нано- и биотехнологии, зависят от информационных технологий и соответствующего программного обеспечения

[11]. Это указывает на то, что резкий переход к новому укладу невозможен без предварительной подготовки. Таким образом, комплексный подход к развитию технологий в возобновляемой энергетике требует не только финансовой поддержки, но и создания соответствующей инфраструктуры и подготовки кадров.

Международный опыт подтверждает эффективность налоговых льгот и субсидий в развитии возобновляемой энергетике. В Германии субсидии на установку солнечных панелей составили 30% от их стоимости, что способствовало значительному росту числа домохозяйств, использующих солнечные установки. Международное энергетическое агентство (МЭА) опубликовало данные о состоянии возобновляемой энергетике. В 2024 г. установлен новый рекорд по вводу мощностей на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Всего было введено около 670 гигаватт новых генерирующих мощностей, а также быстро развиваются солнечные и ветровые установки, которые стали ключевыми драйверами увеличения объемов ВИЭ. Объем инвестиций в чистую энергетику вырос до примерно 2 трлн долл., что существенно превышает инвестиции в ископаемые ресурсы.

К 2030 г. ожидается, что почти половина мировой электроэнергии будет производиться за счет ВИЭ.

Использование возобновляемых источников энергии продолжает ускоряться, показывая значительный вклад в сокращение вредных выбросов и борьбу с изменениями климата. Правительства многих стран поддерживают эту тенденцию через финансовую помощь и законодательные меры, направленные на снижение роли ископаемых видов топлива [3, 12, 13, 28, 29].

По прогнозам, к 2035 г. в России ожидается рост производства и потребления первичных энергетических ресурсов на 27-28% по сравнению с 2010 г. Это связано с увеличением продолжительности жизни и плотности населения в регионах Сибири [19].

В России перспективы развития налоговой и субсидийной политики в

области возобновляемой энергетики связаны с необходимостью увеличения её масштабов и повышения доступности для инвесторов. Расширение программ налоговых льгот и субсидий может стать важным инструментом для привлечения инвестиций и стимулирования инноваций. С учетом успешного международного опыта и текущих достижений, таких как субсидирование водородного кластера в Сахалинской области, важно продолжать внедрять аналогичные меры на федеральном уровне. Это позволит ускорить развитие сектора и интеграцию новых технологий в энергетическую систему страны.

Проектное финансирование представляет собой долгосрочный метод инвестирования, при котором возврат вложенных средств зависит от доходов, генерируемых самим проектом. Это позволяет минимизировать риски для инвесторов, так как они напрямую связаны с успешностью проекта. «Зеленые» облигации, в свою очередь, являются финансовым инструментом, предназначенным для привлечения средств на экологически чистые и устойчивые проекты. Их использование способствует развитию возобновляемой энергетики и снижению углеродного следа.

Основной принцип проектного финансирования заключается в том, что обеспечение возврата инвестиций основывается на доходах, генерируемых проектом, а не на общем состоянии компании-инвестора. Это требует тщательной оценки рисков и разработки детального бизнес-плана. Инвесторы и кредиторы ориентируются на прогнозируемый денежный поток, который должен покрывать расходы на обслуживание долга и приносить прибыль.

«Зеленые» облигации играют ключевую роль в финансировании проектов возобновляемой энергетики, так как они позволяют привлекать значительные средства от международных и локальных инвесторов. Эти облигации выпускаются для поддержки экологически устойчивых инициатив, таких как строительство солнечных и ветровых электростанций. Их популярность растет благодаря растущему интересу к устойчивому развитию и экологической ответственности. Глобальные данные свидетельствуют о высоком интересе к

устойчивому финансированию. На графике ниже представлено распределение выпусков зелёных, социальных и устойчивых облигаций по регионам мира за 2019-2023 гг., где доминирует Европа, в то время как роль стран СНГ и России остаётся минимальной, что подчёркивает потенциал для дальнейшего роста (рис. 2) [8].



Источник: S&P Global, 2024 [8]

Рис. 2. Выпуск зелёных, социальных и устойчивых облигаций по регионам мира в 2019-2023 гг., %

Проектное финансирование и «зеленые» облигации имеют свои преимущества и недостатки. Среди преимуществ проектного финансирования можно выделить снижение финансовых рисков для инвесторов и возможность привлечения крупных инвестиций. Однако его недостатками являются сложность структуры и необходимость детального анализа рисков. «Зеленые» облигации предоставляют доступ к международным рынкам капитала и повышают экологическую репутацию, но их выпуск требует соблюдения строгих стандартов и может быть связан с высокими административными затратами.

Примером успешного применения проектного финансирования является строительство ветровых электростанций в России, где этот метод позволил минимизировать риски для инвесторов. В 2018 г. Сбербанк выпустил первые «зеленые» облигации в стране, что стало важным шагом для привлечения

средств на экологически чистые проекты. На глобальном уровне выпуск «зеленых» облигаций Европейским инвестиционным банком в 2007 г. положил начало их широкому использованию. Для стимулирования инвестиций в возобновляемые источники энергии в таких странах, как Китай, применяются различные меры, включая снижение налога на продажу энергии и льготное кредитование производителей оборудования. Такие меры подчеркивают важность комплексного подхода к финансированию экологически чистых инициатив, что позволяет учитывать как экономические, так и экологические аспекты.

В России перспективы внедрения проектного финансирования и «зеленых» облигаций в секторе возобновляемой энергетики значительны. Эти инструменты позволяют привлекать как внутренние, так и международные инвестиции, что особенно важно для реализации масштабных проектов. Тем не менее, развитие альтернативной энергетики в стране зависит от множества факторов. Среди них разработка и принятие законодательных актов, касающихся возобновляемых источников энергии, которые, как отмечает В.И. Лысак, формируют различные условия для принятия решений [18]. Совершенствование нормативной базы и создание благоприятных условий для инвесторов могут способствовать увеличению использования этих финансовых инструментов, что, в свою очередь, будет ускорять переход к устойчивой энергетике.

Частно-государственное партнерство (ЧГП) играет ключевую роль в развитии ВИЭ, поскольку позволяет объединить ресурсы и опыт частного и государственного секторов. Государство, предоставляя правовые и финансовые гарантии, снижает риски для частных инвесторов, что способствует привлечению значительных капиталовложений в проекты ВИЭ. В свою очередь, частные компании вносят инновационные технологии и управленческие компетенции, что ускоряет внедрение передовых решений. Такой симбиоз создает благоприятные условия для устойчивого развития сектора ВИЭ.

В перспективе частно-государственное партнерство в России обладает

значительным потенциалом для ускорения развития ВИЭ. Увеличение объемов инвестиций, распределение рисков между государством и частными компаниями, а также внедрение передовых технологий могут значительно повысить эффективность проектов. Кроме того, растущий интерес международных инвесторов к российскому рынку ВИЭ создает дополнительные возможности для развития ЧПП. Важно, чтобы государство продолжало поддерживать такие инициативы, создавая благоприятные условия для их реализации.

### **Экономическая эффективность традиционных и возобновляемых источников энергии**

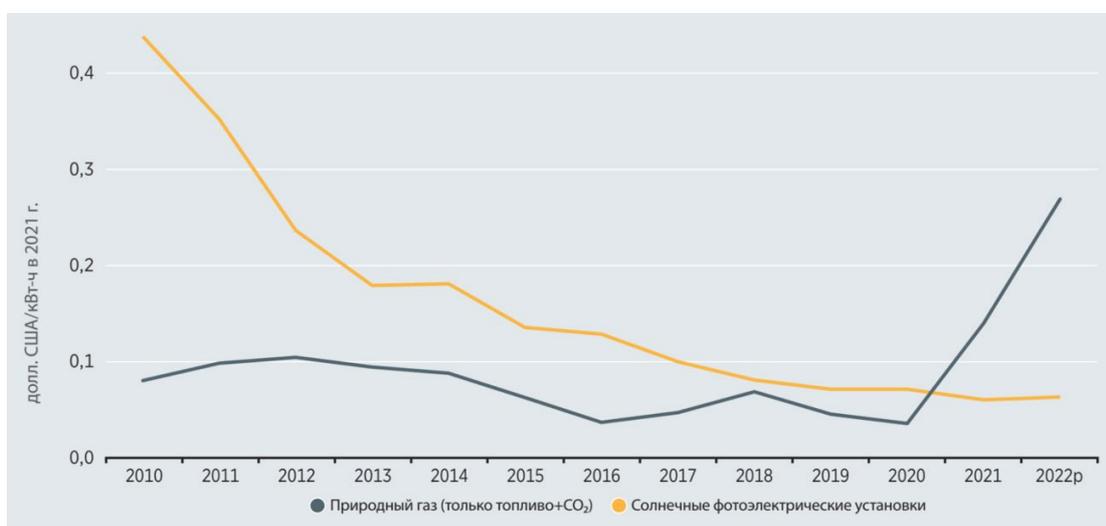
Традиционные источники энергии, такие как уголь, нефть и газ, характеризуются значительными капитальными затратами на добычу и транспортировку топлива, а также на строительство и эксплуатацию электростанций. Однако их высокая энергетическая плотность позволяет обеспечить стабильное энергоснабжение, что делает их привлекательными для промышленных и бытовых потребителей.

По данным Международного энергетического агентства (IEA), стоимость производства электроэнергии на угольных электростанциях варьируется от 0,05 до 0,15 долл. за кВт·ч, что обусловлено доступностью сырья и отлаженной технологической базой. Тем не менее, в эксплуатационные расходы включены постоянные затраты на топливо и техническое обслуживание, что увеличивает общую стоимость владения.

Возобновляемые источники энергии (солнечная, ветровая и геотермальная энергетика) требуют значительных первоначальных инвестиций в строительство объектов и установку оборудования. При этом эксплуатационные расходы у ВИЭ значительно ниже благодаря отсутствию затрат на топливо. Согласно отчету BloombergNEF, стоимость производства солнечной энергии снизилась на 89% с 2010 г., что делает её конкурентоспособной по сравнению с

традиционными источниками [27].

На графике ниже представлена динамика изменения нормированной стоимости электроэнергии от промышленных солнечных фотоэлектрических установок и затрат на топливо и выбросы CO<sub>2</sub> при производстве энергии из природного газа в Европе в 2010-2022 гг. [6]. Видно, что начиная с 2014 г. солнечная энергия была стабильно дешевле газа, а в 2022 г., несмотря на скачок цен на газ, стоимость солнечной генерации осталась на минимальном уровне (рис. 3).



Источник: IRENA [16]

Рис. 3. Сравнение средневзвешенной стоимости электроэнергии: солнечные фотоэлектрические установки и природный газ (Европа, 2010-2022 гг.).

Кроме того, экологическая чистота возобновляемых источников способствует снижению углеродного следа и повышению устойчивости энергетической системы. Вместе с тем внедрение альтернативной энергетики, основанной на возобновляемых источниках, водородных технологиях и термоядерной энергетике, сталкивается с трудностями из-за существующей материально-ресурсной и финансово-экономической инфраструктуры. Это подчеркивает необходимость комплексного подхода к развитию энергетического сектора, учитывающего как новые технологии, так и текущие реалии [7].

Сравнение традиционных и возобновляемых источников энергии показывает, что, несмотря на высокие капитальные затраты на ВИЭ, их эксплуатационные расходы значительно ниже благодаря отсутствию затрат на топливо. Традиционные источники остаются более привлекательными с точки зрения начальных инвестиций, особенно в регионах с развитой инфраструктурой. Вместе с тем снижение стоимости производства электроэнергии из ВИЭ и их экологические преимущества делают их всё более конкурентоспособными. Например, в некоторых регионах стоимость производства солнечной энергии уже ниже, чем у угольных электростанций, что подтверждается данными IEA. Недооценка экологичной и эффективной энергетики на основе ВИЭ происходит из-за избытка природных топливно-энергетических ресурсов, таких как газ, нефть и уголь, а также их относительной дешевизны [17]. При этом растущая осведомленность о негативном воздействии традиционных источников энергии на окружающую среду способствует повышению интереса к возобновляемым источникам.

На основе анализа затрат и выгод можно сделать вывод, что выбор между традиционными и возобновляемыми источниками энергии зависит от множества факторов, включая доступность ресурсов, уровень развития инфраструктуры и экологические требования. Высокие капитальные затраты на ВИЭ компенсируются их низкими эксплуатационными расходами и экологическими преимуществами, что делает их перспективным направлением для инвестиций. Для ускорения перехода к ВИЭ необходимы меры государственной поддержки, такие как субсидии и налоговые льготы, а также развитие технологий, способствующих снижению издержек.

### **Выявление барьеров и возможностей для инвестиций**

Несмотря на значительный потенциал возобновляемых источников энергии в России, существует ряд барьеров, которые ограничивают их развитие. Одним из ключевых препятствий являются высокие капитальные затраты на

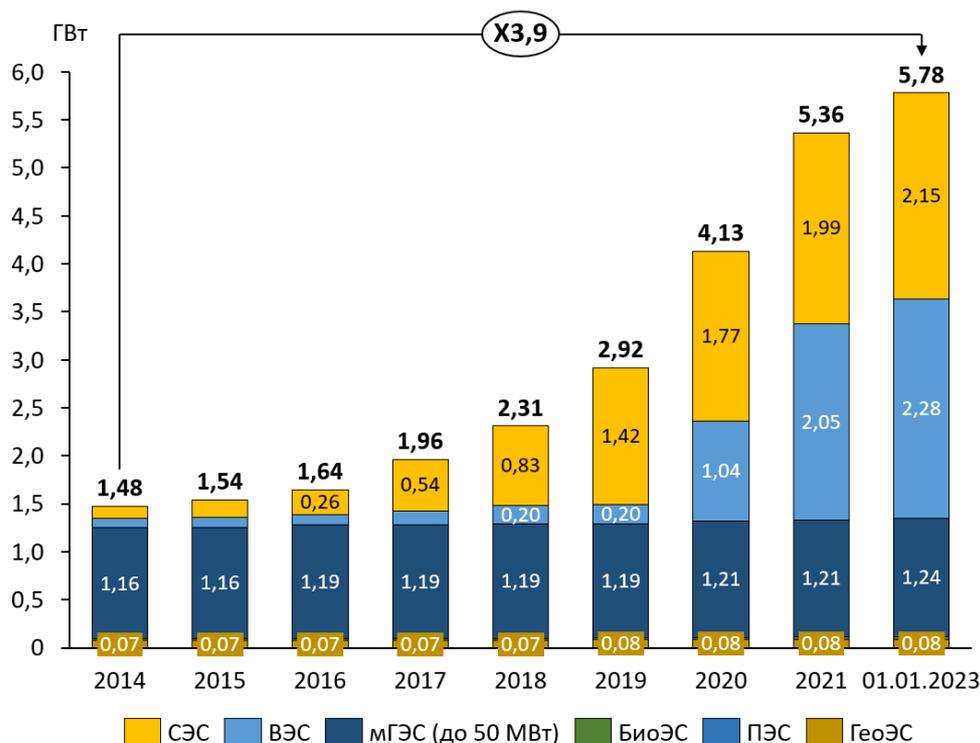
строительство объектов ВИЭ, что делает их менее привлекательными для инвесторов по сравнению с традиционными источниками энергии. Например, строительство солнечных и ветровых электростанций требует значительных первоначальных вложений, которые могут быть компенсированы только в долгосрочной перспективе. Кроме того, географическая удалённость многих перспективных для ВИЭ регионов увеличивает расходы на инфраструктуру, включая транспортировку и подключение к энергосетям.

Регуляторная среда играет важную роль в развитии ВИЭ, но в России она до сих пор остаётся сложной и недостаточно стимулирующей. Отсутствие стабильной нормативной базы и чётких механизмов поддержки инвестиций в ВИЭ создают неопределённость для потенциальных инвесторов. Например, текущие правила субсидирования и налоговые льготы для ВИЭ часто меняются, что затрудняет долгосрочное планирование проектов. Кроме того, многие инвесторы сталкиваются с бюрократическими барьерами и длительными согласованиями, что увеличивает сроки реализации проектов и снижает их привлекательность.

Несмотря на существующие барьеры в России существуют значительные возможности для инвестиций в сектор возобновляемых источников энергии. Снижение стоимости технологий, таких как солнечные панели и ветровые турбины, делает их всё более конкурентоспособными. Согласно данным IRENA, стоимость производства электроэнергии на основе солнечных панелей снизилась на 82% с 2010 г. При этом развитие водородных технологий и создание специализированных кластеров, включая водородный кластер на Сахалине, открывает перспективы для экспорта экологически чистой энергии в Азию и другие регионы. В Китае, например, инвестиции в альтернативную энергетику в 2013 г. составили 56 млрд долл., а в 2014 г. увеличились ещё на 39% [14].

Государственные и частные инициативы играют ключевую роль в развитии возобновляемых источников энергии в России. Инвестиции в этот сектор в 2021 г. увеличились на 70%, что свидетельствует о растущем интересе к

возобновляемой энергетике. Вместе с тем, «правительство РФ на сегодняшний день уделяет больше внимания развитию классической энергетики, делая уклон на развитие транспортных инфраструктур доставки энергии» [5]. Это подчеркивает необходимость сбалансированного подхода к развитию всех аспектов энергетики. Государство может способствовать дальнейшему развитию ВИЭ, предоставляя субсидии, налоговые льготы и поддержку исследовательских программ. Частные компании, в свою очередь, внедряют инновационные технологии и развивают новые проекты в области ВИЭ, что способствует диверсификации энергетического сектора и снижению зависимости от ископаемого топлива. Таким образом, комплексное взаимодействие государственных и частных инициатив является важным для устойчивого развития энергетики в стране. Диаграмма показывает положительную динамику развития сектора ВИЭ в России за последние семь лет, несмотря на сохраняющиеся инвестиционные барьеры (рис. 4) [15].



Источник: *RenEn.ru*, 2022 [15]

Рис. 4. Структура производства электро- и теплоэнергии в России, апрель 2022 г.

## **Рекомендации по улучшению экономической эффективности проектов в области ВИЭ**

Оптимизация затрат на производство и эксплуатацию возобновляемых источников энергии является одним из ключевых факторов повышения их экономической эффективности. В последние годы наблюдается значительное снижение стоимости технологий для ВИЭ. Например, согласно данным IRENA, стоимость производства солнечной энергии снизилась на 82% с 2010 г. Это стало возможным благодаря масштабированию производства, улучшению технологий и увеличению конкуренции на рынке. Кроме того, оптимизация эксплуатационных затрат, включая использование цифровых технологий для мониторинга и управления, позволяет сократить расходы на обслуживание и ремонт. Таким образом, дальнейшая работа в этом направлении может существенно повысить привлекательность инвестиций в ВИЭ.

Инновационные технологии играют важную роль в повышении экономической эффективности ВИЭ. Применение цифровых двойников, например, позволяет оптимизировать процессы эксплуатации, снижая затраты на техническое обслуживание на 15% за счет прогнозирования неисправностей и улучшения планирования ремонтов. Внедрение технологий IoT и блокчейна способствует повышению прозрачности и эффективности управления энергосистемами. Эти технологии позволяют не только сократить затраты, но и повысить надежность и устойчивость энергоснабжения. Таким образом, инвестиции в развитие и адаптацию таких технологий являются стратегически важными для ускорения перехода к альтернативным источникам энергии.

Государственная поддержка и международное сотрудничество играют ключевую роль в развитии ВИЭ. Подписав Парижское соглашение, Россия обязалась активно снижать углеродный след, включая развитие возобновляемых источников энергии. Государственные меры поддержки, такие как налоговые льготы, субсидии и создание водородных кластеров, могут значительно ускорить внедрение ВИЭ. Кроме того, международное сотрудничество в области

технологий и инвестиций позволяет обмениваться опытом и привлекать дополнительные ресурсы. Эти усилия создают благоприятные условия для устойчивого развития сектора ВИЭ в России, что способствует достижению экологических и экономических целей.

### **Заключение**

В результате проведенного анализа было выявлено, что использование возобновляемых источников энергии играет важнейшую роль в обеспечении устойчивого экономического роста и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Переход к альтернативным источникам энергии обусловлен рядом факторов, среди которых экологические риски, истощение запасов традиционных углеводородов и изменения климата. Современные технологии позволяют эффективнее использовать солнце, ветер, биомассу и другие природные ресурсы, что открывает широкие перспективы для диверсификации энергоснабжения и повышения энергоэффективности.

Несмотря на значительные успехи, реализация потенциала альтернативных источников сталкивается с проблемами технологического характера, финансовыми издержками и необходимостью формирования необходимой инфраструктуры. Однако положительные сдвиги наблюдаются практически повсеместно, и многие государства начинают уделять внимание созданию условий для поддержки зелёной энергетики.

Дальнейшее развитие альтернативных источников энергии связано с улучшением технологий, расширением государственных программ поддержки и привлечением частных инвесторов. Необходимо обеспечить баланс между требованиями экологии и экономических выгод путем разработки долгосрочных стратегий развития, учитывающих региональные особенности и потребности конкретных регионов, это позволит повысить устойчивость национальной

экономики, снизить зависимость от импортных энергоресурсов и внести существенный вклад в сохранение окружающей среды.

### Список литературы

1. Большаков А.В., Нуриев А.Н. Возобновляемые источники электроэнергии и инновационное развитие в энергетике // Электроэнергетика глазами молодежи - 2018: Материалы IX Международной молодежной научно-технической конференции. В 3-х т. Т. 1. / Отв. ред. Э.В. Шамсутдинов. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 35-37.
2. Большинство новых возобновляемых источников энергии сбивают цену самого дешевого ископаемого топлива: пресс-релиз 22 июня 2021 г. / Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA) [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Press-Release/2021/Jun/Press-Release\\_Costs-2020\\_ru.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Press-Release/2021/Jun/Press-Release_Costs-2020_ru.pdf) (дата обращения: 21.05.2025).
3. Возобновляемая энергетика в России и мире / РЭА Минэнерго России [Электронный ресурс] // Российское энергетическое агентство. - URL: <https://rosenergo.gov.ru/upload/iblock/e04/3x7m87iv99x76b23c6w7jul3as5pzz8zj.pdf> (дата обращения: 21.05.2025).
4. Гинзбург А.С. Гелиоэнергетические климатические ресурсы Северного Кавказа // Геоэнергетика – 2019: материалы IV Всероссийской научно-технической конференции (Грозный, 6-7 ноября 2019 г.) / Под ред. М.Ш. Минцаева. – Грозный: НПП «Геосфера», 2019. – С. 9-17.
5. Гуляев Г.Ю. Лучшая студенческая статья 2021: сборник статей XXXV Международного научно-исследовательского конкурса. - Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2021. - 204 с.
6. Затраты на производство возобновляемой энергии в 2021 году / Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA).

- 
- [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.irena.org/Publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021-RU> (дата обращения: 21.05.2025).
7. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Скобелева Е.А., Ключева Н.В. Методика расчета показателя уровня реализации функций биосферосовместимого поселения для удовлетворения рациональных потребностей человека // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. - 2013. - № 2 (2). - С. 40-45.
  8. Как соответствовать лучшим практикам устойчивого развития: руководство для эмитента. 3-е изд. / Московская биржа. [Электронный ресурс]. - М.: ПАО «Московская биржа», 2024. - 336 с. - URL: <https://fs.moex.com/f/16010/mosbirzha-esg-rus-book-1012.pdf> (дата обращения: 21.05.2025).
  9. Киселева М.И., Баркеева Д.А. Пульс мегаполиса. Напольные покрытия в качестве альтернативного источника энергии в зданиях общественного назначения, а также в общественных пространствах // Тенденции развития науки и образования. - 2019. - № 56-13. - С. 25-31.
  10. Лапченко Д.А. Совершенствование методики оценки эффективности инвестиционных проектов в энергетике / Д.А. Лапченко // Современные тенденции в развитии экономики энергетике: сборник материалов II Международной научно-практической конференции, 3 декабря 2021 г. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 28-29.
  11. Маричев С.Г. Глобальные технологические и экологические вызовы для России // Экономика и управление: научно-практический журнал. - 2023. - № 1 (169). - С. 4-5. DOI: 10.34773/EU.2023.1.1.
  12. МЭА предсказывает рекордный рост производства энергии из возобновляемых источников [Электронный ресурс] // НТВ. 02.06.2023. - URL: <https://www.ntv.ru/novosti/2769392/> (дата обращения: 21.05.2025).

13. МЭА спрогнозировало рост глобальных расходов на "чистую" энергетику в 2024 году до \$2 трлн [Электронный ресурс] // Интерфакс. 07.06.2024. - URL: <https://www.interfax.ru/world/965658> (дата обращения: 21.05.2025).
14. Седаш Т.Н. Возобновляемые источники энергии: стимулирование инвестиций в России и за рубежом // Российский внешнеэкономический вестник. - 2016. - № 5. - С. 50–51. [Электронный ресурс]. - URL: <https://journal.vavt.ru/rfej> (дата обращения: 15.01.2016).
15. Сидорович В. Итоги развития ВИЭ в России в 2022 году [Электронный ресурс] // RenEn.ru. 03.02.2023. - URL: <https://renen.ru/itogi-razvitiya-vie-v-rossii-v-2022-godu/> (дата обращения: 21.05.2025).
16. Стоимость производства электроэнергии из возобновляемых источников в 2021 году: краткий обзор / Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA) [Электронный ресурс]. - Абу-Даби: IRENA, 2022. – 8 с. - URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA\\_Power\\_Gen\\_Costs\\_2021\\_Summary\\_RU.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA_Power_Gen_Costs_2021_Summary_RU.pdf) (дата обращения: 23.05.2025).
17. Суслов К.В., Конюхов В.Ю., Зимина Т.И., Шамарова Н.А. Техно-экономические аспекты применения возобновляемых источников энергии. - Иркутск: ИрГТУ, 2014. - 219 с.
18. Сухоручкина Т.Ю., Атрашенко О.С. Проблемы развития возобновляемых источников энергетики в России... // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. - 2016. - № 2 (14). - С. 40-42.
19. Шумакова О.С. Возобновляемые источники энергии – неотъемлемый компонент современной энергетики [Электронный ресурс]. - URL: <https://cur.fedcdo.ru/vozobnovlyaemye-istochniki-energii-neotemlemyj-komponent-sovremennoj-energetiki/> (дата обращения: 15.01.2016).
20. Blockchain and Web3 Strategy [Electronic resource] // European Commission. - Brussels, 2024. - URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/blockchain-strategy> (дата обращения: 21.05.2025).

21. Blockchain in Electricity: a Call for Policy and Regulatory Action [Electronic resource]. - Brussels: Eurelectric, 2024. - URL: [https://www.eurelectric.org/wp-content/uploads/2024/06/paper2\\_blockchain\\_eurelectric.pdf](https://www.eurelectric.org/wp-content/uploads/2024/06/paper2_blockchain_eurelectric.pdf) (дата обращения: 21.05.2025).
22. Blockchain in Energy Market Opportunities and Challenges Ahead [Electronic resource] // Exactitude Consultancy. - Luton: 2025. - URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/01/22/3013507/0/en/Blockchain-in-Energy-Market-Opportunities-and-Challenges-Ahead-Exactitude-Consultancy.html> (дата обращения: 21.05.2025).
23. Europe Blockchain in Energy Market Size, Trends, Recent News, and Geographical Analysis [Electronic resource] // Innovative Industry Alliance. - LinkedIn, 2025. - URL: <https://www.linkedin.com/pulse/europe-blockchain-energy-market-size-trends-s7puf> (дата обращения: 21.05.2025).
24. European Blockchain Observatory and Forum. Reports [Electronic resource]. — Brussels: European Commission, 2024. - URL: [https://blockchain-observatory.ec.europa.eu/reports\\_en](https://blockchain-observatory.ec.europa.eu/reports_en) (дата обращения: 21.05.2025).
25. InEEExS Project Innovative Energy (Efficiency) Service Models for Sector Integration via Blockchain. Nov. 2022 – Oct. 2025 [Electronic resource]. – Brussels: Institute for European Energy and Climate Policy, 2024. – URL: <https://ieecp.org/projects/ineexs/> (дата обращения: 21.05.2025).
26. Key actions for digitalising energy [Electronic resource] // European Commission. – Brussels, 2024. - URL: [https://energy.ec.europa.eu/topics/eus-energy-system/digitalisation-energy-system/key-actions-digitalising-energy\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/eus-energy-system/digitalisation-energy-system/key-actions-digitalising-energy_en) (дата обращения: 21.05.2025).
27. Moore J., Bullard N. BNEF Executive Factbook: Power, transport, buildings & industry, commodities, food & agriculture, capital / BloombergNEF [Electronic resource]. – Bloomberg Finance L.P., 2021. – 53 с. – URL:

<https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/BNEF-2021-Executive-Factbook.pdf>  
(дата обращения: 21.05.2025).

28. Renewables 2024 / Международное энергетическое агентство (IEA) // Ассоциация «НП Совет рынка» [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.np-sr.ru/ru/content/62077-renewables-2024> (дата обращения: 21.05.2025).
29. WEO-2024 от МЭА. Спрос на нефть и природный газ достигнет своего пика к концу десятилетия [Электронный ресурс] // Neftegaz.RU. 16.10.2024. - URL: <https://neftegaz.ru/news/finance/860339-weo-2024-ot-mea-spros-na-neft-i-prirodnyu-gaz-dostignet-svoego-pika-k-kontsu-desyatiletija/> (дата обращения: 21.05.2025).

## **Development of Alternative Energy Resources: prospects and efficiency**

***Mironoscev Grigory Konstantinovich,***

*Student of Group BST2106,*

*Moscow Technical University of Communications and Informatics,*

*111024, Russia, Moscow, Aviamotornaya St., 8A*

*[gironoscev@gmail.com](mailto:gironoscev@gmail.com)*

***Scientific supervisor:***

***Platunina Galina Petrovna,***

*Senior Lecturer of the Department "Digital Economy,*

*Management and Business Technologies",*

*Moscow Technical University of Communications and Informatics,*

*8A Aviamotornaya str., Moscow, 111024, Russia*

*[g.p.platunina@mtuci.ru](mailto:g.p.platunina@mtuci.ru)*

This article examines current trends and prospects for the development of alternative energy resources in Russia. It analyzes the main types of renewable energy sources, including solar, wind, geothermal, and hydrogen energy. Special attention is paid to the economic efficiency of projects in this field, as well as to evaluation methods such as NPV (Net Present Value), IRR (Internal Rate of Return), and PP (Payback Period).

The paper explores technological principles of energy generation, government support measures, tax incentives, and subsidies, as well as financing models including project financing and the issuance of green bonds. It also addresses issues of energy system decentralization and the use of digital technologies to improve energy supply efficiency. Based on the analysis, key barriers and opportunities for investment in Russia's alternative energy sector are identified, and recommendations are proposed to improve the economic efficiency of projects.

**Keywords:** alternative energy, renewable energy sources, solar energy, wind energy, hydrogen energy, economic efficiency, digitalization, project financing, green bonds, energy system decentralization, government support.